

Aplikasi Interpolasi Lagrange untuk Menentukan Efisiensi Turbin PLTU

Linda^a, Yudha Arman^a, Mariana Bara'allo Malino^{a*}

^aProdi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura
*Email : mariana.malino9@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk menentukan nilai efisiensi turbin uap di sebuah PLTU selama 31 hari menggunakan metode Interpolasi Lagrange. Hasil simulasi perhitungan Interpolasi Lagrange menunjukkan bahwa nilai efisiensi optimum terjadi pada dini hari pukul 01:00 WIB pada tanggal 21 Juli 2013 yaitu sebesar 65,51 %, sedangkan efisiensi paling kecil terjadi pada siang hari pukul 13:00 WIB pada tanggal 3 Juli 2013 sebesar 46,63%. Metode Interpolasi Lagrange mempunyai akurasi tinggi dalam melakukan perhitungan nilai efisiensi turbin, dengan standar deviasi rata-rata dan varian, $|R|^2$ masing-masing sebesar 0,58 dan 0,80.

Kata Kunci : *efisiensi, Interpolasi Lagrange, turbin uap*

1. LatarBelakang

Turbin uap adalah mesin konversi energi yang dapat menghasilkan energi listrik dan dapat bergerak karena memanfaatkan energi panas dari uap. Kerja mekanis yang dilakukan oleh turbin uap menghasilkan energi termal (input) yang secara ideal diubah menjadi energi listrik (output) pada generator (1). Uap tersebut berasal dari perubahan fase air yang terdapat pada boiler akibat mendapatkan energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar (2). Pada pembangkit tenaga uap, fluida yang mengalami proses-proses tersebut adalah air. Air dalam siklus kerja turbin mengalami proses-proses pemanasan, penguapan, ekspansi, pendinginan, dan kompresi. Siklus *Rankine* adalah siklus standar untuk pembangkit daya yang menggunakan tenaga uap (3).

Pengoperasian turbin uap secara kontinyu dapat menyebabkan berbagai kerugian yang terjadi pada komponen turbin uap. Akibat kerugian-kerugian tersebut, maka energi listrik yang dihasilkan selalu lebih kecil dari energi termal yang masuk ke sistem turbin. Hal tersebut akan mempengaruhi efisiensi turbin uap (1).

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi turbin uap antara lain *mass flow*, tekanan dan temperatur uap masuk turbin, serta tekanan dan temperatur uap keluar turbin, dan semakin besar putaran poros turbin maka, efisiensi juga akan meningkat (1). Temperatur dan kelembaban lingkungan yang lebih kecil menghasilkan daya keluaran besar sehingga efisiensi pagi hari cenderung lebih besar dari pada sore hari karena temperatur pagi hari lebih rendah sehingga densitas lebih tinggi (4)

Dengan menggunakan data pengoperasian turbin uap yaitu data masukan yang meliputi laju aliran massa (*mass flow*)(kg/h), suhu (°C), tekanan (kPa) dan data keluaran yang meliputi

saturated temperature (°C) serta *actual work* (mWh) maka dapat dihitung efisiensi turbin uap.

(5) telah melakukan penelitian untuk menghitung efisiensi termal PLTGU Priok dengan pola operasi 2-2-1 yang ditentukan menggunakan metode Newton-Raphson, sedangkan (6) merancang *software* menggunakan Visual Studio 2010 untuk mensimulasikan penentuan efisiensi turbin uap pada pembangkit listrik tenaga uap, PLTU, Rembang.

Salah satu jenis metode Interpolasi adalah interpolasi Lagrange yang memiliki kelebihan dalam hal akurasi atau ketelitian. Menurut (7) untuk menghitung pergerakan harga saham lebih akurat menggunakan metode interpolasi lagrange dibandingkan dengan Interpolasi Newton.

Penelitian yang dilakukan mencakup penentuan efisiensi turbin menggunakan pemodelan berbasis interpolasi Lagrange dengan menggunakan data masuk yaitu tekanan, suhu dan aliran massa uap masuk turbin serta data keluaran yaitu suhu dan tekanan vakum uap keluar turbin dan menentukan efisiensi optimum turbin pada waktu pengoperasian tertentu.

2. Metodologi

Metode Interpolasi untuk menentukan nilai entalpi (H) direpresentasikan oleh persamaan (1).

$$H = \left[\left(\frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} \right) H_{1,1} + \left(\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \right) H_{1,2} \right] \frac{y_1 - y}{y_2 - y_1} + \left[\left(\frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} \right) H_{2,1} + \left(\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \right) H_{2,2} \right] \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \quad (1)$$

dengan M merupakan nilai Entalpi panas lanjut, h_g adalah (kJ/kg), $M_{1,1}$ adalah nilai Entalpi panas lanjut, h_g , pada Y_1 dan X_1 (kJ/kg), $M_{1,2}$ nilai Entalpi panas lanjut, h_g , pada Y_1 dan X_2 (kJ/kg), $M_{2,1}$ nilai Entalpi panas lanjut, h_g , pada Y_2 dan X_1 (kJ/kg), $M_{2,2}$ nilai Entalpi panas lanjut, h_g , pada Y_2 dan X_2 (kJ/kg), X nilai temperatur *main steam*, T , dari data perusahaan ($^{\circ}\text{C}$), X_1 nilai temperatur awal, T_1 , dari tabel uap ($^{\circ}\text{C}$), X_2 nilai temperatur akhir, T_2 , dari tabel uap ($^{\circ}\text{C}$), Y nilai tekanan *main steam*, P , dari data perusahaan (kPa), Y_1 nilai tekanan awal, P_1 , dari tabel uap (kPa), Y_2 nilai tekanan akhir dan P_2 , dari tabel uap (kPa).

Metode simulasi dilakukan dengan mengikuti beberapa langkah; langkah pertama adalah melakukan input data berupa jumlah kelompok data yang diperoleh dari pengoperasian turbin uap di PT Harjon Timber, yaitu data masukan yang meliputi *mass flow* (kg/h), suhu ($^{\circ}\text{C}$), tekanan (kPa), *saturated temperature* ($^{\circ}\text{C}$) dan *actual work* (kWh) dengan Output data adalah efisiensi. Langkah berikut ialah berupa pengolahan data untuk menghitung entalpi berdasarkan data pada tabel *superheated steam* dengan temperatur sebagai variabel x sedangkan tekanan sebagai variabel y , menggunakan metode numerik Interpolasi Lagrange yang mengacu pada persamaan (2) (7)

$$f_1(x) = \frac{x - x_1}{x_1 - x_0} y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} y_1 \quad (2)$$

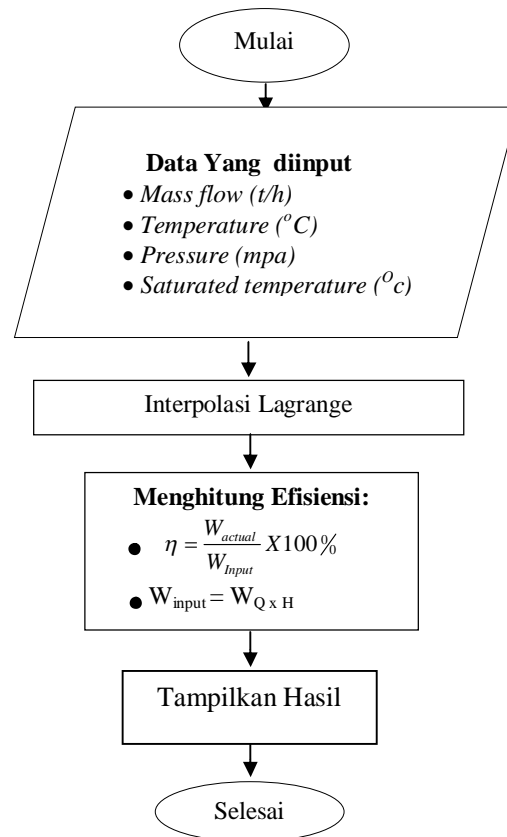
Interpolasi Lagrange digunakan untuk mencari titik-titik antara dari n buah titik $P_1 (X_1, Y_1)$, $P_2 (X_2, Y_2)$, ..., $P_N (X_N, Y_N)$ dengan menggunakan pendekatan fungsi polinomial yang disusun dalam kombinasi deret dengan melibatkan software Matlab (7).

Efisiensi merupakan salah satu persamaan yang penting dalam termodinamika untuk mengetahui seberapa baik proses konversi energi terjadi. Hal tersebut berhubungan dengan Hukum Termodinamika yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Energi dalam suatu sistem bertambah atau berkurang karena perubahan bentuk energi yang satu menjadi bentuk energi yang lain di dalam sistem tersebut. Penentuan besar efisiensi (%) dari mesin turbin tiap kelompok data berdasarkan persamaan (3) (8)

$$\eta = \frac{W_{\text{actual}}}{W_{\text{Input}}} \times 100\% \quad (3)$$

dengan W_{actual} adalah daya (mWh) listrik dari data perusahaan sedangkan W_{input} dihasilkan dari *mass flow* (Q) dan entalpi (H).

Data masuk yaitu tekanan, suhu dan aliran massa uap masuk turbin serta data keluaran yaitu suhu dan tekanan vakum uap keluar turbin yang dicatat sepanjang 24 jam selama 31 hari kemudian diinput dan diolah menggunakan software Matlab R2008a.

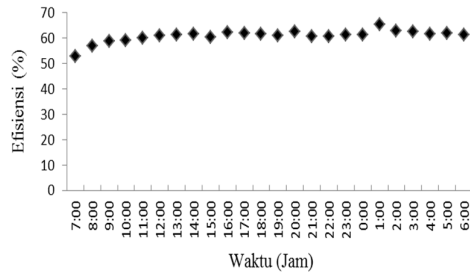


Gambar 1. Diagram Alir

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Energi Termal dan Energi Listrik terhadap Efisiensi Turbin Uap

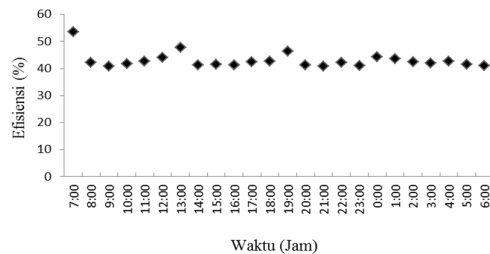
Grafik dalam Gambar 2 menunjukkan efisiensi turbin uap terbesar terjadi pada dini hari pukul 01:00 WIB sebesar 65,51 % sedangkan efisiensi terendah terjadi pada pagi hari pukul 07:00 WIB yaitu sebesar 52,92 %. Hal tersebut dikarenakan pada pukul 01:00 WIB energi termal yang dihasilkan oleh turbin uap lebih kecil yaitu sebesar 58.655.603 kJ dari pada pukul 07:00 WIB, 72.601.818 kJ. Daya output yang dihasilkan oleh generator sebesar 38.426,4mWh sehingga dari rasio antara daya output dan daya input pada pukul 01:00 WIB diperoleh efisiensi tertinggi.



Gambar 2. Efisiensi (%) turbin uap berdasarkan waktu pengukuran pada tanggal 21 Juli 2013.

3.2 Pengaruh Putaran Poros Turbin terhadap Efisiensi Turbin Uap

Diagram dalam Gambar 3 menunjukkan bahwa pengoperasian turbin uap pada tanggal 8 Juli 2013, pada pagi hari pukul 07:00 WIB efisiensi turbin uap lebih besar 53,56%. Efisiensi mengalami penurunan pada pukul 09:00 WIB pagi dan merupakan efisiensi minimum sebesar 40,73 %. Peningkatan efisiensi pada pukul 07:00 WIB dipengaruhi putaran turbin yang tinggi yaitu sebesar 3010rpm. Putaran turbin yang tinggi disebabkan oleh temperatur dan kelembaban udara pada pagi hari lebih rendah menyebabkan densitas turbin tinggi. Densitas yang tinggi dapat mempercepat putaran pada turbin.



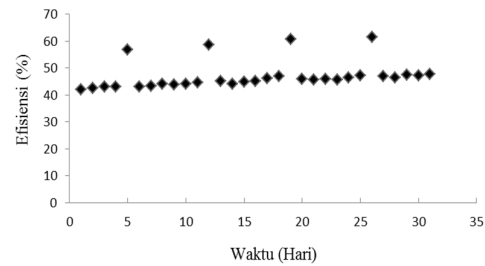
Gambar 3 Grafik Efisiensi (%) turbin uap berdasarkan waktu pengukuran pada tanggal 8 Juli 2013

3.3 Efisiensi Rata-Rata Turbin Uap

Nilai efisiensi turbin uap diperoleh berdasarkan data pengoperasian turbin uap pada tanggal 3 Juli – 2 Agustus 2013 atau selama satu bulan.

Pada Gambar 4 ditampilkan nilai rata-rata efisiensi turbin uap berdasarkan waktu pengambilan data. Dari grafik dalam Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi rata-rata tertinggi terdapat pada hari ke-26 yaitu sebesar 61,42 %. Nilai standar deviasi yang lebih akurat pada tanggal 3 Juli 2013 yaitu sebesar 0,37. Nilai rata-rata standar deviasi relatif dari metode Interpolasi Lagrange adalah 0,58 dengan nilai

varian $|R|^2$ mendekati nilai satu adalah pada tanggal 20 Juli 2015 sebesar 0,80.



Gambar 4 Grafik rata-rata efisiensi turbin uap berdasarkan perbedaan waktu (perhari) pengukuran.

4. Kesimpulan

Efisiensi turbin tertinggi terjadi pada dini hari pukul 01:00 WIB pada tanggal 21 Juli 2013 yaitu sebesar 65,51 %. Efisiensi turbin uap dipengaruhi oleh konversi energi termal menjadi energi listrik, konversi energi mekanik menjadi energi listrik, kerugian yang terjadi pada komponen turbin uap, putaran poros turbin dan temperatur lingkungan.

Metode Interpolasi Lagrange memiliki tingkat akurasi tinggi dalam melakukan perhitungan nilai efisiensi turbin, dengan standar deviasi rata-rata dan varian $|R|^2$ sebesar 0,58 dan 0,80.

Daftar Pustaka

- [1]. Sutikno D, Soenoko R, Pratikto, Fery PT, Muhamad PC. Study On Pressure Distribution In The Blade Passage Of The Francis Turbine. Jurnal Rekayasa Mesin. 2011; 2(2).
- [2]. Asmudi. Analisa Unjuk Kerja Boiler Terhadap Penurunan Daya pada PLTU PT.Indonesia Power UBP Perak. Jurnal Teknik Sistem Perkapalan. 2010.
- [3]. Basuki CA, Nugroho A, Winardi B. Analisis Konsumsi Bahan Bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan Menggunakan Metode Least Square Semarang: Universitas Diponegoro; 2008.
- [4]. Caturwati NK, Rosyadi I, Irfani FC. Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Efisiensi Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). In Prosiding Seminar Nasional AVoER ; 2011; Palembang. p. 26-22.

- [5]. Astra IM, Sugihartono I. Simulasi Perhitungan Newton-Raphson Pada Pengukuran Efisiensi Termal PLTGU Perioik. Spektra. 2011; 12(2).
- [6]. Ristyanto NA, Windarto J, Handoko S. Simulator Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Rembang. TRANSIENT. 2013; 2(2).
- [7]. Muhamad D. Penggunaan Metode dan Lagrange pada Interpolasi Polinom Pergerakan Harga Saham. [Online].; 2011 [cited 2015 November 26. Available from: <http://impormatika.stei.itb.ac.id>.
- [8]. Balqis ER, Indriawati K, Leono BW. Optimasi Daya Listrik pada PT.Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang Jawa Barat. Jurnal Teknik Pomits. 2012; 1(1).